

por consolidación de la substancia intermedia. Es más frecuente la preformación por cartílago, que se realiza en una gran parte del esqueleto de los vertebrados. Antiguamente se concedía gran importancia á estas diferencias de origen, y se admitía una osificación primaria y otra secundaria; pero en realidad ambas son idénticas,



Fig. 42 - Corte de un trozo de raíz de diente, según Koelliker. C, cemento; J, espacio interglobular; D, dentina con tubillos dentarios.

la medula, sobreviene una neoformación de tejido conjuntivo blando (substancia osteógena), cuyas células (osteoblastos) se transforman en corpúsculos óseos, al paso que la substancia intermedia se convierte en substancia fundamental (fig. 43). Añádase á esto que los huesos de preformación cartilaginosa tienen un vasto crecimiento del periostio, en el cual el tejido conjuntivo se convierte directamente en substancia ósea. El cartílago puede también osificarse directamente, mediante la transformación de sus células en corpúsculos óseos y la osificación de su substancia fundamental.

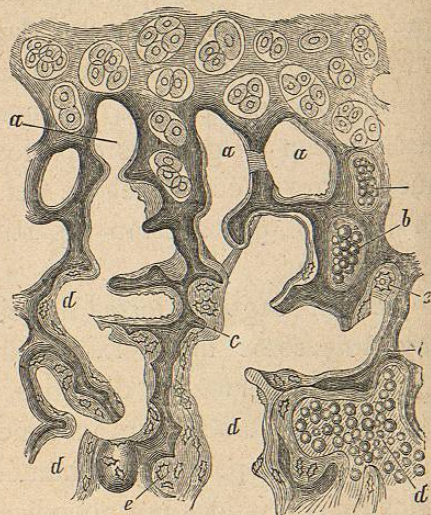


Fig. 43. - Corte de cartílago osificante, según Frey. a, pequeños espacios medulares en el tejido cartilaginoso; b, los mismos con células de la médula del cartílago; c, resto de cartílago calcificado; d, espacios medulares mayores; e, osteoblastos.

pues que en el último caso, en combinación con la previa incrustación calcárea y la destrucción parcial ó fusión del cartílago desde

3. TEJIDO MUSCULAR

En el protoplasma de la célula activa observamos la propiedad de la contractilidad en todas direcciones. En el interior de la substancia protoplasmática del cuerpo de los protozoos se hace visible una disposición estriada de partículas que permite un grado superior de poder de contracción, limitado á la dirección de las estrias (estrias musculares de los infusorios). Mediante análogas diferenciaciones en el protoplasma, forman ciertas células y complejos celulares en los metazoos el poder de contracción en grado más completo, en una dirección, y producen el tejido muscular exclusivamente destinado al movimiento.

En el momento de entrar en actividad, estas células se contraen en la dirección correspondiente á su dimensión longitudinal y á la estriación longitudinal de su contenido, y cambian las proporciones que en estado de reposo guardan sus dimensiones longitudinal y transversal, en términos que acortan la primera al propio tiempo que se ensanchan.

En las fases rudimentarias sólo una pequeña parte del cuerpo de la célula toma la forma de fibra contráctil. En los *pólipos hidroides* y en las *medusas* sólo se transforman en fibras musculares finas ó en redes fibrosas las porciones profundas de protoplasma de las células neoformativas (mioblastos) (1), al paso que los cuerpos de las células productoras de aquéllas, desempeñan otras funciones y por lo general conservan aún pestañas vibrátiles. En atención á la disposición epitelióide de los mioblastos, se da al conjunto de ellos el nombre de epitelio muscular (fig. 44, a, b). En un grado más avanzado de desarrollo se convierte en substancia muscular contráctil la mayor parte del plasma celular, y á veces toda la célula se alarga en forma de fibra. Entonces los músculos, avanzando de la superficie á las partes profundas y protegidas por partes de tejido conjuntivo, forman capas independientes; pero pueden tener también su origen en células mesodérmicas, así como en las llamadas

(1) Se las ha llamado erróneamente células neuromusculares, por más que no está demostrada una relación entre ellas y la formación de las células gangliónicas. No quiere decir que el mioblasto no esté dotado de irritabilidad.

células del mesenquimo. Se distinguen dos formas de músculos morfológica y fisiológicamente distintas, á saber: *músculos lisos* ó fibrocelulares contráctiles y *substancia muscular estriada transversalmente*.



Fig. 44 a. - Mioblastos de una medusa (*Aurelia*).

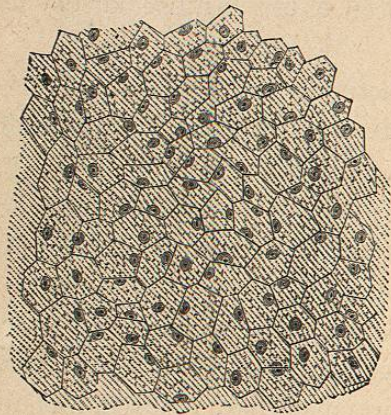


Fig. 44 b. - Epitelio muscular de una medusa (*Aurelia*).

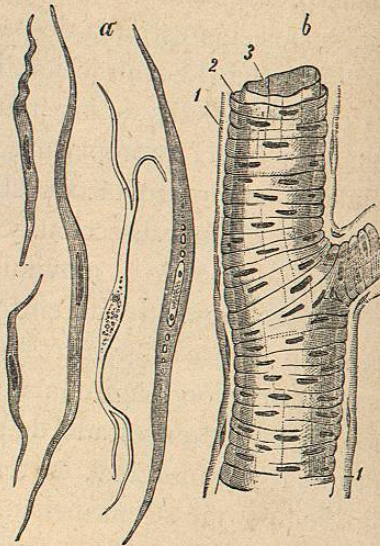


Fig. 45. - a, fibra muscular lisa, dentada; b, fragmento de una arteria, según Frey; 1, capa conjuntival externa; 2, capa media formada por fibras musculares lisas; 3, capa interna desprovista de núcleos.

MÚSCULOS LISOS

En esta forma son células fusiformes, aplanadas ó en forma de cinta, ó capas de estas células, las que, bajo la influencia de la excitación determinada generalmente por un nervio, reaccionan con lentitud, entran pausadamente en contracción y en ella persisten durante algún tiempo. La substancia contráctil aparece casi siempre homogénea, pero en algún caso está estriada longitudinalmente. Los músculos lisos están muy generalizados en la serie de los animales invertebrados, pero intervienen también en los vertebrados en la formación de las paredes de muchos órganos (vasos, conductos excretorios de las glándulas, paredes intestinales) (fig. 45).

MÚSCULOS ESTRIADOS TRANSVERSALMENTE

El músculo estriado transversalmente está constituido por células y más frecuentemente por hacecillos primitivos multinucleares (fibras musculares), y se caracteriza por la transformación del protoplasma, ó de una parte de él, en una substancia estriada trans-

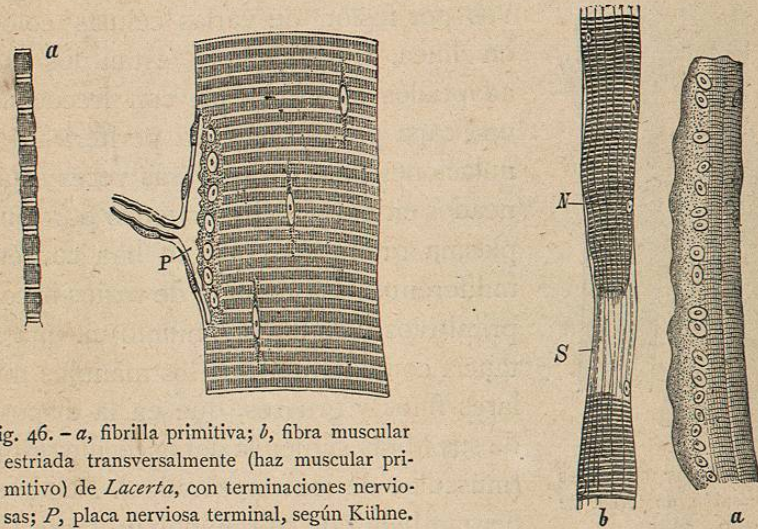


Fig. 46. - a, fibrilla primitiva; b, fibra muscular estriada transversalmente (haz muscular primitivo) de *Lacerta*, con terminaciones nerviosas; P, placa nerviosa terminal, según Kühne.

Fig. 47. - a, fibras musculares de la rana, en evolución; b, fibra muscular estriada, con el sarcolemma vacío; S-N, núcleo (según Frey).

versalmente, con elementos especiales que presentan la doble refracción (*sarcous elements*) y con una substancia intermedia que une los elementos antedichos y tiene siempre refracción simple (fig. 46, a, b). Fisiológicamente se caracteriza el músculo estriado por una contracción energética y considerable que sobreviene en el momento de obrar la excitación, condición que hace á este tejido muscular apto para ejecutar movimientos enérgicos (musculatura del esqueleto de los vertebrados).

En el caso más sencillo se forman las fibrillas estriadas transversalmente en la profundidad de los mioblastos, que forman una superficie continua de epitelio (epitelio muscular) sobre la capa de fibras finas (medusas y sifonóforos). En los animales superiores se

producen por transformación de mayor cantidad de protoplasma é interesan casi todo el contenido de la célula. Rara vez son las células uninucleadas, constituyendo todo el músculo con una sola célula (músculos de los ojos de las *daphnias*). Casi siempre se transforman las células en fibras musculares alargadas, *hacecillos primitivos*, multiplicándose los núcleos, y en la periferia de los hacecillos se forma por diferenciación una membrana, el *sarcolema* (fig. 47);

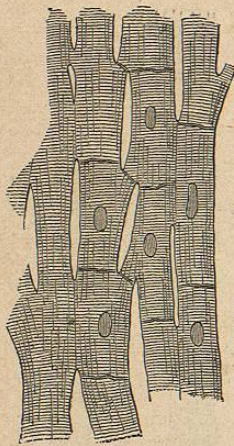


Fig. 48. - Fibras musculares del corazón en forma de red (según Frey).

otras veces se forman los hacecillos primitivos por fusión de varias células colocadas en línea. Casi siempre están los núcleos adaptados al sarcolema, con frecuencia en una capa protoplasmática periférica de granulaciones finas, y más raras veces están alineados en el eje del tubo entre porciones de plasma granulosas que se han conservado indiferentes. La reunión de varios hacecillos primitivos y su envolvimiento en una substancia conjuntiva forma los manojos musculares finos y gruesos, que en la disposición de sus fibras siguen la del hacecillo primitivo (músculos de los vertebrados). Puede suceder también que se ramifiquen, tanto las células simples como los músculos multinucleares que de ellas proceden (fig. 48, corazón de los vertebrados, músculos intestinales de los artrópodos, etc).

4. TEJIDO NERVIOSO

Al mismo tiempo que la musculatura aparece el tejido nervioso, que da impulso á aquélla, pero que en primer término es el asiento de la sensibilidad y de la voluntad. Teniendo en cuenta que es ésta la función capital del sistema nervioso, parece probable que los elementos nerviosos no se desarrollen en relación con los músculos sino más bien con las células sensitivas, que se diferencian en el ectodermo, y luego penetran á mayor profundidad unidas á aquéllos por medio de prolongaciones, al paso que no se unen de una manera secundaria con los músculos que poseían su irritabilidad propia.

El tejido nervioso contiene dos clases distintas de elementos formativos, las células nerviosas ó *células gangliónicas* y las *fibras nerviosas*, cada una de las cuales tiene su estructura, su agrupación molecular y su constitución química particular. Los manojos de fibras nerviosas que marchan paralelamente, unidos por tejido conjuntivo, se llaman *nervios*, y los formados por células gangliónicas, *ganglios*.

CÉLULAS GANGLIÓNICAS

Son considerados como focos de la excitación nerviosa y se encuentran preferentemente en los órganos centrales, que se conocen con los nombres de cerebro, medula espinal ó impropriamente *ganglios*. El cuerpo de la célula tiene una estructura finalmente granulada y á veces fibrilar, un núcleo grande con corpúsculos nucleares y se prolongan en uno ó más apéndices (células gangliónicas unipolares, bipolares y multipolares), uno de los cuales se convierte en raíz de una fibra nerviosa (fig. 49. *a*, *b*). Las células gangliónicas, especialmente la de los ganglios periféricos, están alojadas en vainas de tejido conjuntivo que se prolongan sobre su prolongación y sobre las fibras nerviosas (vaina de Schwann, *neu iema*), pero que se encuentran varias envueltas en una misma cubierta conjuntiva.

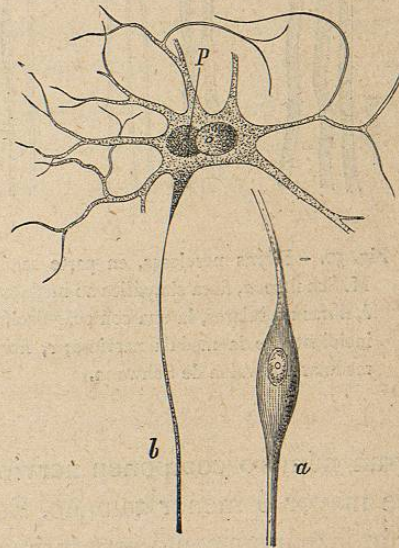


Fig. 49. - *a*, célula gangliónica bipolar; *b*, célula nerviosa multipolar de la medula espinal del hombre (asta anterior), según Gerlach; *P*, pelotón de pigmento.

NERVIOS

Las fibras nerviosas conducen en dirección centrífuga la excitación provocada en la célula, esto es, la transportan desde los ór-

ganos centrales á los órganos periféricos (nervios motores y glandulares) ó inversamente la transmiten desde la periferia del cuerpo al centro (fibras sensitivas). Empiezan las fibras nerviosas como prolongaciones de las células gangliónicas y como ellas están frecuentemente envueltas en cubiertas multinucleares. Reunidas en

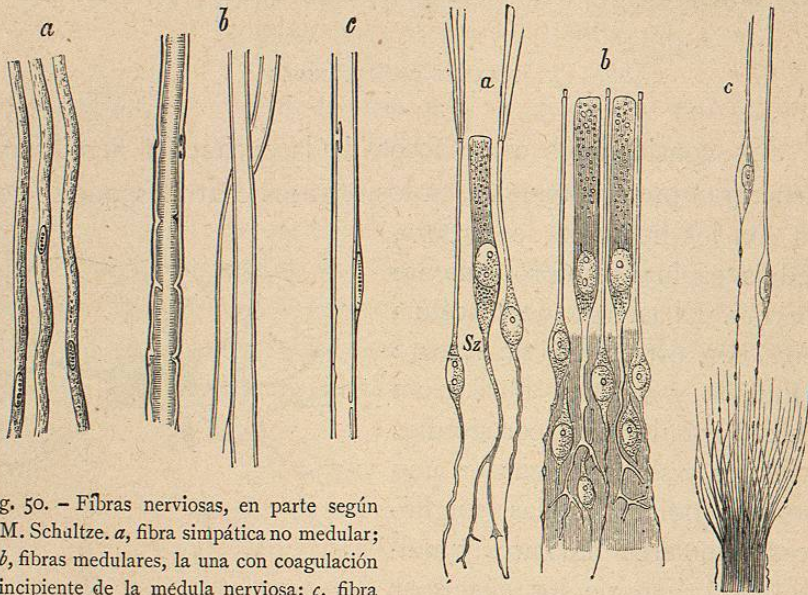


Fig. 50. - Fibras nerviosas, en parte según M. Schultze. *a*, fibra simpática no medular; *b*, fibras medulares, la una con coagulación incipiente de la médula nerviosa; *c*, fibra medular con vaina de Schwann.

gran número componen nervios de mayor ó menor tamaño. Según la manera como está íntimamente dispuesta la substancia nerviosa, tenemos que distinguir dos formas de substancia nerviosa, las medulares ó de doble contorno, y las no medulares ó cilindro-ejes desnudos (fig. 50, *a*, *b*, *c*). Las primeras se distinguen en que á la muerte del nervio, á consecuencia de un proceso de coagulación, aparece una substancia grasa muy refringente, que como capa periférica y á manera de vaina medular envuelve la fibra central llamada cilindro-eje. Aquella vaina se pierde á la inmediación de la célula gangliónica, en cuyo protoplasma entra exclusivamente la substancia del cilindro-eje. En la segunda forma, ó fibras nerviosas

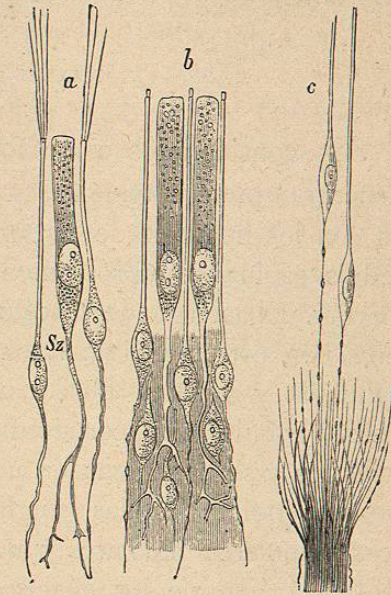


Fig. 51. - Células sensitivas en forma de bastoncillos de la región olfatoria, según M. Schultze. *a*, de la rana; *Sz*, célula de sostén entre dos células de bastoncillo con apéndices ciliares; *b*, de hombre; *c*, de sollo; conexión probable de las fibrillas nerviosas con las células sensitivas.

desprovistas de médula, falta la vaina medular y encontramos no más que un cilindro-eje desnudo, ó rodeado de una envoltura conjuntival que tiene con la célula gangliónica las mismas conexiones (simpático, nervios del ciclostoma, invertebrados). No pocas veces encontramos, sin embargo, los cilindros-ejes, que de igual manera que los nervios de mielina se dividen en su curso, y se pueden ramificar en ramitas cada vez más finas, hasta reducirse á fibrillas finísimas y descomponerse en cierto modo en sus elementos. Finalmente aparecen muy frecuentemente los nervios de los animales invertebrados en forma de conjuntos de fibrillas, en los cuales por falta de la vaina nerviosa es imposible reconocer si son cilindro-ejes ó fibras nerviosas. Las diferenciaciones periféricas que aparecen en la terminación de los nervios de los sentidos se revelan por transformación de las células nerviosas en su unión con las células epitelicas (células sensoriales) y con las secreciones cuticulares de las mismas. De tal suerte aparecen muy generalmente los aparatos terminales constituidos por células epitelicas modificadas (*células sensitivas*), bajo los cuales se interpola alguna célula gangliónica en el trayecto de los nervios (fig. 51, *a*, *b*, *c*).

CRECIMIENTO Y ORGANIZACIÓN PROGRESIVA.—DIVISIÓN DEL TRABAJO Y PERFECCIONAMIENTO

Los tejidos son conjuntos celulares que se han formado con descendencias de la ovicélula. Iguales en su origen, se diferencian más tarde, y toman á su cargo un trabajo especial que determina la función del órgano. La organización consiste, por lo tanto, en la divergencia progresiva de forma y de trabajo á ella correspondiente, de las generaciones de células procedentes unas de otras, que marchan paralelamente al crecimiento y aumento de dimensiones del cuerpo.

En los organismos más rudimentarios no hay tejidos celulares ni órganos compuestos de ellos. El organismo entero se reduce al contenido de una sola célula; su substrato corporal es protoplasma; su piel, la membrana celular, frecuentemente hasta sin abertura para la introducción de substancias sólidas y reducida exclusivamente á la nutrición endosmótica. En tales seres, como, por ejemplo, los